

Procédé de formation d'une couche d'oxyde d'épaisseur non-uniforme à la surface d'un substrat de silicium.

La présente invention concerne de manière générale un procédé pour former une couche d'oxyde de silicium et plus particulièrement une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme à la surface d'un substrat de silicium.

5 En microélectronique, la couche d'oxyde de grille qui est un élément fondamental de nombreux dispositifs semi-conducteurs tels que les transistors MOS, est de plus en plus mince. Aussi, dans la technologie 0,18 μm , on prévoit des épaisseurs inférieures à 4 nm pour la couche d'oxyde de grille. Cette diminution de l'épaisseur de la couche d'oxyde de grille conduit nécessairement à réduire les tensions d'alimentation des
10 dispositifs afin d'éviter une dégradation prématurée de la couche d'oxyde de grille. Dans le cas des microprocesseurs, il n'est pas toujours possible de réduire la tension d'alimentation, à cause des bus d'entrée/sortie (bus E/S) qui nécessitent des tensions plus élevées. Pour résoudre ce problème, on a fait croître, sur des zones déterminées d'un même substrat de silicium, des couches d'oxyde de silicium d'épaisseurs différentes, les couches d'oxyde les plus épaisses étant formées là où les tensions appliquées
15 seront les plus élevées.

Pour obtenir, sur une surface d'un même substrat de silicium, une
20 couche d'oxyde de silicium présentant deux épaisseurs différentes dans des zones prédéterminées de la surface du substrat, on a utilisé un procédé d'oxydation en deux étapes.

La première étape du procédé consistait à faire croître par oxydation une première couche d'oxyde de silicium d'épaisseur uniforme
25 sur la surface du substrat.

La deuxième étape consistait à faire croître par oxydation une deuxième couche d'oxyde de silicium, mais avec un masquage de zones prédéterminées de la surface du substrat déjà recouverte de la première couche d'oxyde pour ainsi obtenir une couche finale d'oxyde de plus grande épaisseur dans les zones non masquées.

L'inconvénient majeur de ce procédé est la contamination de l'oxyde de grille pendant les étapes de masquage et de gravure.

Pour remédier aux inconvénients du procédé de masquage précédent, on a récemment proposé un procédé de croissance d'une couche d'oxyde d'épaisseur non uniforme en une seule étape. Ce procédé consiste à former à la surface du substrat, des zones prédéterminées ayant une cinétique d'oxydation ralentie par implantation ionique d'azote dans ces zones prédéterminées, là où l'on souhaite obtenir une couche d'oxyde plus mince, puis à faire croître une couche d'oxyde de silicium par oxydation de la surface du substrat de silicium. Un tel procédé est décrit autre autres dans l'article "Formation of Ultrathin Nitrided SiO₂ Oxides by direct Nitrogen Implantation into Silicon (Formation d'Oxydes SiO₂ nitrurés ultramines par implantation directe d'azote dans du silicium)", H.R. Soleimani, B.S. Doyle et A. Philipossian - J. Electrochem. Soc., Vol. 142, N°8, août 1998.

Ce dernier procédé présente également de graves inconvénients. En effet, la forte dose d'azote implanté ($>10^{15}$ cm⁻²) conduit inévitablement à la dégradation de la couche mince d'oxyde de grille. Cet inconvénient est d'autant plus gênant que les zones implantées sont majoritaires sur le substrat et que la couche d'oxyde y est plus mince (donc plus sensible aux problèmes de dégradation).

La présente invention a donc pour objet un procédé pour faire croître sur une surface d'un substrat de silicium une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme et remédiant aux inconvénients des procédés de l'art antérieur.

Le procédé, selon l'invention, se caractérise par le fait qu'il comprend les étapes suivantes :

a) l'implantation dans des zones prédéterminées du substrat d'une dose effective d'atomes d'une espèce chimique accélérant la cinétique d'oxydation du substrat; et

b) la croissance par oxydation d'une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme sur la surface du substrat.

Les espèces implantables accélérant la cinétique d'oxydation d'un substrat de silicium comprennent le silicium, le germanium, l'argon, le néon, l'hélium, le phosphore et l'arsenic. Les espèces préférées sont Si, Ge, Ar, Ne et He et mieux Si, Ge et Ar.

Bien que l'implantation de phosphore ou d'arsenic accélère la cinétique d'oxydation d'un substrat de silicium, ces espèces présentent toutefois l'inconvénient d'être des dopants du silicium qui modifient ses propriétés électriques, ce qui n'est pas toujours souhaitable.

L'accélération de la cinétique d'oxydation d'un substrat de silicium dépend bien évidemment de la nature de l'espèce chimique implantée, de la dose implantée et de l'énergie d'implantation. En général, la dose d'espèce chimique implantée variera entre $5 \cdot 10^{13}$ et $5 \cdot 10^{15}$ atomes.
cm⁻², de préférence de $1 \cdot 10^{15}$ à $5 \cdot 10^{15}$ atomes.cm⁻².

L'énergie d'implantation peut varier de moins de 2 keV à plus de 100 keV, mais est généralement de 2 à 80 keV, de préférence de 2 à 15 keV.

L'implantation d'atomes d'une espèce chimique dans un substrat de silicium est classique et bien connue dans la technique. Ainsi, on peut utiliser un procédé et un appareillage d'implantation ionique classique où l'espèce chimique à implanter est ionisée avant d'être accélérée au moyen d'un champ électrique.

Un appareillage classique pour effectuer une telle implantation est l'appareil VARIAN de type SHC 80.

Le procédé de l'invention peut être utilisé avec tout type de substrat de silicium, cristallin, polycristallin ou amorphe.

L'étape de croissance de la couche d'oxyde de silicium est classique et peut être effectuée par oxydation dans un four standard à une température supérieure à 300°C et sous une atmosphère oxydante, telle que oxygène, oxygène dilué, vapeur d'eau, ozone ou autres. On peut également utiliser d'autres procédés d'oxydation classiques tels que l'oxydation sous plasma, l'oxydation électrochimique, l'oxydation thermique rapide (RTO).

EXEMPLE

On a fait croître sur des plaquettes de silicium une couche d'oxyde de silicium par oxydation thermique dans un four standard (de
5 marque SVG) à une température de 900°C pendant 6 minutes, sous atmosphère d'oxygène.

Certaines des plaquettes ont été préalablement soumises à une implantation ionique d'argon de manière semblable mais avec des
10 énergies d'implantation différentes (Appareil d'implantation VARIAN SHC 80).

On a mesuré par ellipsométrie l'épaisseur des couches d'oxyde de silicium obtenues. Les résultats sont donnés dans le tableau I ci-dessous.

15

TABLEAU I

	Energie d'implantation Dose implantée	Epaisseur de la couche d'oxyde formée nm.		
		2 keV	10 keV	80 keV
20	5.10^{13} at. cm ⁻²	4.78	5.74	-
	5.10^{14} at. cm ⁻²	5.66	5.92	6.0
	1.10^{15} at. cm ⁻²	6.01	6.75	-
	5.10^{16} at. cm ⁻²	8.8	12.3	11.0

30

A titre comparatif, l'épaisseur de la couche d'oxyde obtenue dans les mêmes conditions d'oxydation sur une plaquette de silicium semblable n'ayant pas subi d'oxydation est de 4,7 nm.

L'implantation de Ne ou He conduit aux mêmes résultats que
35 l'argon.

L'implantation de phosphore ou d'arsenic, avec une énergie de 10 keV et avec des doses d'implantation de $2 \cdot 10^{15}$ atomes. cm^{-2} et $3 \cdot 10^{15}$ atomes. cm^{-2} , ont conduit à des couches d'oxyde de 12 et 17 nm, respectivement.

- 5 Du fait que le procédé selon l'invention est basé sur l'accroissement de la cinétique d'oxydation d'un substrat de silicium et non sur un ralentissement de cette cinétique, ce qui est le cas de l'art antérieur, on élimine le risque de dégradation des zones dans lesquelles la couche d'oxyde est la plus mince tout en obtenant des couches d'oxyde
- 10 d'épaisseurs accrues adaptées pour supporter des tensions plus élevées, par exemple au niveau des bus E/S.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour former sur une surface d'un substrat de silicium une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 a) l'implantation dans des zones prédéterminées du substrat d'une dose effective d'atomes d'une espèce chimique accélérant la cinétique d'oxydation du substrat; et

b) la croissance par oxydation d'une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme sur la surface du substrat.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les espèces chimiques sont choisies parmi Si, Ge, Ar, Ne, He, P et As.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'implantation est une étape d'implantation ionique.

15 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'énergie d'implantation est comprise entre 2 et 100 keV, de préférence 2 à 80 keV.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la dose implantée est de $5 \cdot 10^{13}$ à $5 \cdot 10^{15}$ atomes.cm⁻², de préférence $1 \cdot 10^{15}$ à $5 \cdot 10^{15}$ atomes.cm⁻².

20 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'étape de croissance par oxydation est une étape d'oxydation dans un four, d'oxydation par plasma, d'oxydation électrochimique ou d'oxydation thermique rapide.

25 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'étape de croissance de la couche d'oxyde de silicium est une étape d'oxydation dans un four à une température d'au moins 300°C et sous atmosphère oxydante.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 99/01756

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C01B33/113 H01L21/316

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 C01B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 021 354 A (PFIESTER JAMES R) 4 June 1991 (1991-06-04) claim 10	1
A	WO 97 41593 A (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 6 November 1997 (1997-11-06) page 3, line 9 - line 26	1
A	US 5 106 768 A (KUO KUO-YUN) 21 April 1992 (1992-04-21) claim 1	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 164 (E-410), 11 June 1986 (1986-06-11) & JP 61 016530 A (MATSUSHITA DENSHI KOGYO KK), 24 January 1986 (1986-01-24) abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 November 1999

Date of mailing of the international search report

25/11/1999

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Clement, J-P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/01756

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5021354	A	04-06-1991	NONE	
WO 9741593	A	06-11-1997	US 5937310 A	10-08-1999
US 5106768	A	21-04-1992	NONE	
JP 61016530	A	24-01-1986	NONE	

TRAITE COOPERATION EN MATIE. DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 29 février 2000 (29.02.00)	
Demande internationale no PCT/FR99/01756	Référence du dossier du déposant ou du mandataire B98/1940QT
Date du dépôt international (jour/mois/année) 19 juillet 1999 (19.07.99)	Date de priorité (jour/mois/année) 28 juillet 1998 (28.07.98)
Déposant HALIMAOUI, Aomar etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

03 février 2000 (03.02.00)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé Antonia Muller no de téléphone: (41-22) 338.83.38
---	--

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire B98/1940QT	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° PCT/FR 99/ 01756	Date du dépôt international(jour/mois/année) 19/07/1999	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 28/07/1998
Déposant FRANCE TELECOM et al.		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 2 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☐ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

☐ Aucune des figures n'est à publier.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

/FR 99/01756

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C01B33/113 H01L21/316

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C01B H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 021 354 A (PFIESTER JAMES R) 4 juin 1991 (1991-06-04) revendication 10 ---	1
A	WO 97 41593 A (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 6 novembre 1997 (1997-11-06) page 3, ligne 9 - ligne 26 ---	1
A	US 5 106 768 A (KUO KUO-YUN) 21 avril 1992 (1992-04-21) revendication 1 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 164 (E-410), 11 juin 1986 (1986-06-11) & JP 61 016530 A (MATSUSHITA DENSHI KOGYO KK), 24 janvier 1986 (1986-01-24) abrégé -----	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 novembre 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

25/11/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Clement, J-P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tion on patent family members

national Application No

PCT/FR 99/01756

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5021354 A	04-06-1991	NONE	
WO 9741593 A	06-11-1997	US 5937310 A	10-08-1999
US 5106768 A	21-04-1992	NONE	
JP 61016530 A	24-01-1986	NONE	

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D 26 SEP 2000

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

47

Référence du dossier du déposant ou du mandataire B98/1940QT	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR99/01756	Date du dépôt international (jour/mois/année) 19/07/1999	Date de priorité (jour/mois/année) 28/07/1998
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB C01B33/113		
Déposant FRANCE TELECOM et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.


2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.

☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 2 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☒ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 03/02/2000	Date d'achèvement du présent rapport 22.09.2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Brisson, O N° de téléphone +49 89 2399 8449



**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/01756

I. Base du rapport

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

Description, pages:

1,3-5	version initiale			
2	reçue(s) le	07/08/2000	avec la lettre du	04/08/2000

Revendications, N°:

1-7	reçue(s) le	07/08/2000	avec la lettre du	04/08/2000
-----	-------------	------------	-------------------	------------

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 2, 4
	Non : Revendications 1,3, 5-7
Activité inventive	Oui : Revendications
	Non : Revendications 1-7
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-7
	Non : Revendications

2. Citations et explications

voir feuille séparée

VIII. Observations relatives à la demande internationale

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :

voir feuille séparée

Concernant le point V

Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Il est fait référence aux documents suivants :

D1: US-A-5 106 768 (KUO KUO-YUN) 21 avril 1992 (1992-04-21)

D3: US-A-5 021 354 (PFIESTER JAMES R) 4 juin 1991 (1991-06-04)

D4: extrait de "Webster's New Encyclopedic Dictionary"

Le document D4 n'a pas été cité dans le rapport de recherche international. Une copie de ce document est jointe en annexe.

2. Pour autant que la revendication 1 puisse être comprise (cf. VIII), le document D3, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche, décrit (cf. colonne 3, ligne 52 à colonne 4, ligne 41) un procédé de fabrication de transistor CMOS. Ce procédé comprend plusieurs étapes dont l'une d'entre elles comprend toutes les caractéristiques de la revendication indépendante 1 ainsi que de ses revendications dépendantes 3, 5-7. En effet, selon le dictionnaire D4, le mot "substrat" signifie "support sous-jacent", c'est à dire directement en contact avec et dessous la couche à former. Par conséquent, le procédé du document D3 (voir colonne 4, lignes 4-13) qui consiste à former sur la surface de la couche de silicium 26 une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non uniforme est en tout point identique à l'objet de la revendication 1.

3. Pour autant que la revendication 1 puisse être comprise (cf. VIII), le document D1 décrit un procédé similaire à celui du document D3 dont une étape (cf. colonne 3, ligne 40 à colonne 4, ligne 25) comprend toutes les caractéristiques de la revendication 1 ainsi que de ses revendications dépendantes 3, 6-7.

Par conséquent, l'objet des revendications 1-3, 5-7 n'est pas considéré comme nouveau au sens de l'article 33(2)PCT.

4. La suppression des espèces chimiques P et As dans la revendication amendée 2 rend cette dernière nouvelle vis à vis de l'état de l'art antérieur. Cependant, la demande originale souligne que l'effet obtenu avec Si, Ge, Ar, Ne et He est identique à celui obtenu avec P ou As. Par conséquent, la caractéristique additionnelle de la

revendication dépendante amendée 2 en combinaison avec celles de la revendication 1 à laquelle elle se réfère, définissent un objet qui ne satisfait pas aux exigences du PCT en ce qui concerne l'activité inventive.

5. La revendication dépendante 4 ne contient aucune caractéristique qui, en combinaison avec celles de l'une quelconque des revendications à laquelle elle se réfère, définisse un objet qui satisfasse aux exigences du PCT en ce qui concerne l'activité inventive. En effet, le large domaine d'énergie revendiqué correspond aux valeurs couramment utilisées par l'homme du métier pour effectuer des implantations ioniques (voir par exemple, revendications 7 et 8 de D1).

Concernant le point VIII

Observations relatives à la demande internationale

Le terme "même" introduits dans la revendication amendée 1 est vague et équivoque, et laisse un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle il se réfère. Il ne permet pas en outre de distinguer l'objet de la revendication 1 de l'enseignement des documents D1 et D3. En effet, ce terme ne fait que préciser que le substrat à traiter est un support unique de surface quelconque, de composition uniforme ou non à base de silicium. L'objet de ladite revendication n'est donc pas clairement défini (article 6 PCT).

La deuxième étape consistait à faire croître par oxydation une deuxième couche d'oxyde de silicium, mais avec un masquage de zones prédéterminées de la surface du substrat déjà recouverte de la première couche d'oxyde pour ainsi obtenir une couche finale d'oxyde de plus grande épaisseur dans les zones non masquées.

L'inconvénient majeur de ce procédé est la contamination de l'oxyde de grille pendant les étapes de masquage et de gravure.

Pour remédier aux inconvénients du procédé de masquage précédent, on a récemment proposé un procédé de croissance d'une couche d'oxyde d'épaisseur non uniforme en une seule étape. Ce procédé consiste à former à la surface du substrat, des zones prédéterminées ayant une cinétique d'oxydation ralentie par implantation ionique d'azote dans ces zones prédéterminées, là où l'on souhaite obtenir une couche d'oxyde plus mince, puis à faire croître une couche d'oxyde de silicium par oxydation de la surface du substrat de silicium. Un tel procédé est décrit entre autres dans l'article "Formation of Ultrathin Nitrided SiO_2 Oxides by direct Nitrogen Implantation into Silicon (Formation d'Oxydes SiO_2 nitrurés ultraminces par implantation directe d'azote dans du silicium)", H.R. Soleimani, B.S. Doyle et A. Philipossian - J. Electrochem. Soc., Vol. 142, N°8, août 1998.

Ce dernier procédé présente également de graves inconvénients. En effet, la forte dose d'azote implanté ($>10^{15} \text{ cm}^{-2}$) conduit inévitablement à la dégradation de la couche mince d'oxyde de grille. Cet inconvénient est d'autant plus gênant que les zones implantées sont majoritaires sur le substrat et que la couche d'oxyde y est plus mince (donc plus sensible aux problèmes de dégradation).

La présente invention a donc pour objet un procédé pour faire croître sur une surface d'un substrat de silicium une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme et remédiant aux inconvénients des procédés de l'art antérieur.

Le procédé, selon l'invention, se caractérise par le fait qu'il comprend les étapes suivantes :

a) l'implantation dans des zones prédéterminées du substrat d'une dose effective d'atomes d'une espèce chimique accélérant la cinétique d'oxydation du substrat; et

REVENDICATIONS

1. Procédé pour former sur une surface d'un *même* substrat de silicium une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 a) l'implantation dans des zones prédéterminées du substrat d'une dose effective d'atomes d'une espèce chimique accélérant la cinétique d'oxydation du substrat; et

b) la croissance par oxydation d'une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme sur la surface du substrat.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les espèces chimiques sont choisies parmi Si, Ge, Ar, Ne *et* He.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'implantation est une étape d'implantation ionique.

15 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'énergie d'implantation est comprise entre 2 et 100 keV, de préférence 2 à 80 keV.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la dose implantée est de 5.10^{13} à 5.10^{15} atomes.cm⁻², de préférence 1.10^{15} à 5.10^{15} atomes.cm⁻².

20 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'étape de croissance par oxydation est une étape d'oxydation dans un four, d'oxydation par plasma, d'oxydation électrochimique ou d'oxydation thermique rapide.

25 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'étape de croissance de la couche d'oxyde de silicium est une étape d'oxydation dans un four à une température d'au moins 300°C et sous atmosphère oxydante.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

3T

Applicant's or agent's file reference B98/1940QT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR99/01756	International filing date (day/month/year) 19 July 1999 (19.07.99)	Priority date (day/month/year) 28 July 1998 (28.07.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C01B 33/113		
Applicant FRANCE TELECOM		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 2 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- | | | |
|------|-------------------------------------|---|
| I | <input checked="" type="checkbox"/> | Basis of the report |
| II | <input type="checkbox"/> | Priority |
| III | <input type="checkbox"/> | Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability |
| IV | <input type="checkbox"/> | Lack of unity of invention |
| V | <input checked="" type="checkbox"/> | Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability, citations and explanations supporting such statement |
| VI | <input type="checkbox"/> | Certain documents cited |
| VII | <input type="checkbox"/> | Certain defects in the international application |
| VIII | <input checked="" type="checkbox"/> | Certain observations on the international application |

RECEIVED
MAY 16 2001
TECHNOLOGY CENTER 2800

Date of submission of the demand 03 February 2000 (03.02.00)	Date of completion of this report 22 September 2000 (22.09.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/01756

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1, 3-5, as originally filed,
 pages _____, filed with the demand,
 pages 2, filed with the letter of 04 August 2000 (04.08.2000),
 pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
 Nos. _____, as amended under Article 19,
 Nos. _____, filed with the demand,
 Nos. 1-7, filed with the letter of 04 August 2000 (04.08.2000),
 Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☐ the drawings, sheets/fig _____, as originally filed,
 sheets/fig _____, filed with the demand,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 99/01756

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	2, 4	YES
	Claims	1, 3, 5-7	NO
Inventive step (IS)	Claims		YES
	Claims	1-7	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-7	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. Reference is made to the following documents:

D1: US-A-5 106 768 (KUO KUO-YUN) 21 April 1992
(1992-04-21)

D3: US-A-5 021 354 (PFIESTER JAMES R) 4 June 1991
(1991-06-04)

D4: Extract from "Webster's New Encyclopedic
Dictionary".

Document D4 is not cited in the international search report. A copy of this document is attached.

2. In so far as Claim 1 can be understood (cf. VIII), document D3, which is considered to be the closest prior art, describes (cf. Column 3, line 52 to Column 4, line 41) a production method for a CMOS transistor. This method includes a plurality of steps one of which includes all the features of independent Claim 1 as well as its dependent Claims 3, 5-7. In fact, according to dictionary D4, the word "substrate" means "underlying support", namely directly in contact with and underneath the layer to be formed. Therefore, the method of document D3 (see Column 4, lines 4-13) which comprises forming a layer of silica with a non-uniform thickness on the

surface of the silicon layer 26 is completely identical to the subject matter of Claim 1.

3. In so far as Claim 1 can be understood (cf. VIII), document D1 describes a method similar to that of document D3 wherein one step (cf. Column 3, line 40 to Column 4, line 25) includes all the features of Claim 1 as well as its dependent Claims 3, 6-7.

Therefore, the subject matter of Claims 1-3, 5-7 is not considered to be novel under the terms of PCT Article 33(2).

4. The removal of chemical species P and As in amended Claim 2 has rendered said claim novel over the prior art. However, the original application emphasizes that the effect obtained with Si, Ge, Ar, Ne and He is identical to that obtained with P or As. Therefore, the additional feature of amended dependent Claim 2, in combination with those of Claim 1 to which it refers, defines subject matter which does not meet the PCT requirements relating to inventive step.

5. Dependent Claim 4 does not contain any feature which, in combination with those of any one of the claims to which it refers, defines subject matter that meets the PCT requirements relating to inventive step. Indeed, the wide energy range claimed corresponds to values commonly used by a person skilled in the art to carry out ion implantation (see, for example, Claims 7 and 8 of D1).

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The term "same" ("*même*") introduced in amended Claim 1 is vague and equivocal, and leaves doubt as to the meaning of the technical feature to which it refers. Moreover, it does not enable a distinction to be made between the subject matter of Claim 1 and the teaching of documents D1 and D3. In fact, this term only makes it clear that the substrate to be treated is a single substrate having any surface and an optionally uniform silicon-based composition. Therefore, the subject matter of said claim is not clearly defined (PCT Article 6).



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : C01B 33/113, H01L 21/316	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/06489 (43) Date de publication internationale: 10 février 2000 (10.02.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01756 (22) Date de dépôt international: 19 juillet 1999 (19.07.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/09607 28 juillet 1998 (28.07.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): HALIMAOUI, Aomar [FR/FR]; 70, avenue de Constantine, F-38100 Grenoble (FR). GROUILLET, André [FR/FR]; 9, rue Adrien Ricard, F-38000 Grenoble (FR). (74) Mandataire: BUREAU D.A. CASALONGA JOSSE; 8, avenue Percier, F-75008 Paris (FR).	(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.	
(54) Title: METHOD FOR FORMING AN OXIDE FILM WITH NON-UNIFORM THICKNESS AT A SILICON SUBSTRATE SURFACE		
(54) Titre: PROCEDE DE FORMATION D'UNE COUCHE D'OXYDE D'EPAISSEUR NON-UNIFORME A LA SURFACE D'UN SUBSTRAT DE SILICIUM		
(57) Abstract		
<p>The invention concerns a method comprising steps which consist in: a) implanting in predetermined zones of the substrate an efficient dose of atoms of a species accelerating the substrate oxidation kinetics; and b) growing by oxidation a silicon oxide film with non-uniform thickness on the substrate surface. The invention is useful for producing oxide films for MOS transistor grids.</p>		
(57) Abrégé		
<p>Le procédé comprend: a) l'implantation dans des zones prédéterminées du substrat d'une dose effective d'atomes d'une espèce chimique accélérant la cinétique d'oxydation du substrat; et b) la croissance par oxydation d'une couche d'oxyde de silicium d'épaisseur non-uniforme sur la surface du substrat. Application à la fabrication des couches d'oxyde de grille de transistors MOS.</p>		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
DY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PL	Pologne		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	PT	Portugal		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LJ	Liechtenstein	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SD	Soudan		
DK	Danemark	LR	Libéria	SE	Suède		
EE	Estonie			SG	Singapour		

09/744877

D. A. CASALONGA-JOSSE Letterhead JC07 Rec'd PCT/PTO 29 JAN 2001

Our Ref.: GK/VA/B98/1940.QT

European Patent Office
D80298 Munich
GERMANY

Paris, 4 August 2000

International Patent Application PCT/FR 99/01756
FRANCE TELECOM

Reply to the first opinion dated 17 April 2000

The Applicant has filed a new page 6 of claims, claim 1 mentioning that it is a process for forming a silicon oxide layer of non-uniform thickness on a surface of one and the same silicon substrate, and the chemical species P and AS having been removed from claim 2.

A page 2 of the description in which the typing error has been corrected has also been filed.

Document US-A-5 021 354 describes a process for fabricating a CMOS device. More particularly, with reference to figures 1 to 3, a silicon substrate seems to comprise a p-type region 20 and an n-type region 22 on which regions an insulation layer 24, such as a silicon dioxide layer obtained by thermal growth, has been deposited. An undoped silicon layer 26 is deposited on the insulating layer 24, for example by CVD or another process. Preferably, the layer 26 is made of polycrystalline silicon with a thickness of about 300 nanometers. The polycrystalline silicon layer is intended to form, at the terminal stage, the gate electrodes of the MOS transistors and an interconnect layer between the devices. A thin layer of oxide 28 or of other insulating materials is formed on the exposed surfaces of the layer 26. Preferably, the oxide layer 28 is formed by thermal growth and has a thickness of about 20 nanometers. The oxide layer 28 provides a screen for a subsequent implantation and

serves to protect the polycrystalline layer 26 from contamination. A mask 30 is then formed on that part of the layer 28 that has been deposited above the n-type region 22 of the substrate. Next, an n-type ion implantation is carried out, for example with arsenic ions at a dose of about 2.5 to $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$. This implantation provides the desired doping for the gate electrodes of the n-channel transistors to be formed in the region 20. The mask 30 prevents implantation of the n-type dopant ions in that portion of the polycrystalline layer 26 which has been carried out above the region 22. Next, the mask 30 is removed and the polycrystalline layer 26 undergoes a thermal oxidation, for example by heating it for one hour in a vapor atmosphere at 830°C . Since that portion of the polycrystalline silicon layer 26 which is located above the p-type region 20 is doped with an impurity determining the conductivity and since the region of the polycrystalline layer 26 above the region 22 is not doped, the oxidation takes place more rapidly in that portion of the layer 26 which is above the region 20. This differential growth therefore causes a thickness difference in the oxide layer.

However, the silicon oxide layer of non-uniform thickness which bears, according to that document, the references 36 and 38 is not formed on a silicon substrate but on layers which are themselves deposited on a silicon substrate. Therefore this document does not constitute prior art for claim 1. In fact, the substrate remains covered by the layer 24, which is of constant thickness.

Document US-A-5 106 768 relates to a method of fabricating an MOS transistor in which a mask 19 is used to block n-type, arsenic or phosphorus, ions and to prevent them from reaching the p-channel-type regions. The ions are implanted in the desired points in the source/drain regions of the n-channel transistor. The mask is then removed by conventional techniques. Such a structure, as illustrated in figure 2, undergoes a thermal oxidation in wet oxygen at a temperature of between 800 and 875°C for a period of a few minutes. Thus, a silicon oxide layer of about 80 to 120 nanometers is formed in the n⁺-type regions and of about 20 to 30 nanometers in the p-type or n⁻-type regions. Thus, a non-uniform oxidation of

regions of different doping is carried out. In contrast, the invention seeks to obtain a silicon oxide layer having two different thicknesses on a surface of one and the same silicon substrate.

This document is therefore irrelevant.

It is therefore respectfully requested of the Examiner to take into account the above comments and the amendments made when drafting the International Preliminary Examination Report.

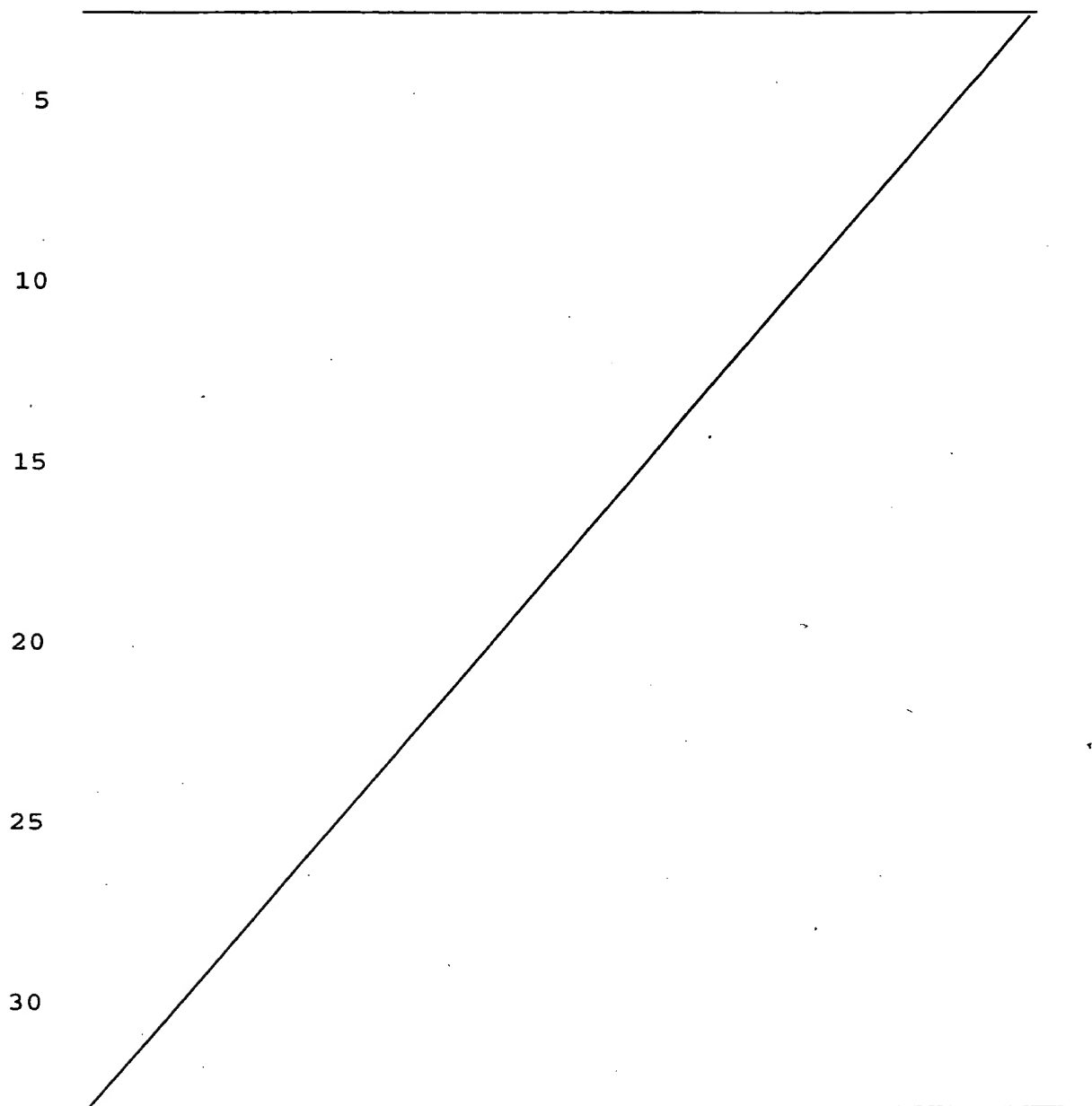
Of course, the Applicant's agent is at the disposal of the Examiner for any informal discussion, for example by telephone, if any clarification seems to be necessary.

[signature]

Gabriel de KERNIER
European Patent Agent

[signature]

Axel CASALONGA
European Patent Agent



The second step consists in growing a second
35 silicon oxide layer by oxidation, but with masking of
predetermined regions of the surface of the substrate
that have already been covered with the first oxide
layer, in order in this way to obtain a final oxide
layer of greater thickness in the unmasked regions.

The major drawback of this process is the contamination of the gate oxide during the masking and etching steps.

To remedy the drawbacks of the above masking process, a process has recently been proposed in which a non-uniform thickness oxide layer is grown in a single step. This process consists in forming, on the surface of the substrate, predetermined regions having an oxidation rate reduced by nitrogen ion implantation in these predetermined regions, at points where it is desired to obtain a thinner oxide layer, and then in growing a silicon oxide layer by oxidation of the surface of the silicon substrate. Such a process is described, among others, in the article "Formation of Ultrathin Nitrided SiO₂ Oxides by Direct Nitrogen Implantation into Silicon", by H.R. Soleimani, B.S. Doyle and A. Philipossian, J. Electrochem. Soc., V ol. 142, No. 8, August 1998.

The latter process also has serious drawbacks since the high dose of implanted nitrogen ($>10^{15}$ cm⁻²) inevitably leads to degradation of the thin gate oxide layer. This drawback is all the more problematic when the implanted regions are in the majority on the substrate and the thinner the oxide layer is thereon (and therefore the more sensitive it is to degradation problems).

The subject of the present invention is therefore a process for growing a silicon oxide layer of non-uniform thickness on a surface of a silicon substrate which remedies the drawbacks of the processes of the prior art.

According to the invention, the process is characterized in that it comprises the following steps:

a) implantation in predetermined regions of the substrate of an effective dose of atoms of a chemical species which increases the rate of oxidation of the substrate; and

CLAIMS

1. A process for forming a silicon oxide layer of non-uniform thickness on a surface of one and the same silicon substrate, characterized in that it comprises:
- 5 a) the implantation in predetermined regions of the substrate of an effective dose of atoms of a chemical species which increases the rate of oxidation of the substrate; and
- 10 b) the growth of a silicon oxide layer of non-uniform thickness by oxidation on the surface of the substrate.
2. The process as claimed in claim 1, characterized in that the chemical species are chosen from Si, Ge, Ar, Ne and He.
- 15 3. The process as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the implantation step is an ion implantation step.
4. The process as claimed in any one of claims 1 to 3, characterized in that the implantation energy is between 2 and 100 keV, preferably 2 to 80 keV.
- 20 5. The process as claimed in any one of claims 1 to 4, characterized in that the implanted dose is from 5×10^{13} to 5×10^{15} atoms/cm², preferably 1×10^{15} to 5×10^{15} atoms/cm².
- 25 6. The process as claimed in any one of claims 1 to 5, characterized in that the growth step by oxidation is an oxidation step in a furnace, by plasma oxidation, electrochemical oxidation or rapid thermal oxidation.
- 30 7. The process as claimed in claim 6, characterized in that the step of growing the silicon oxide layer is an oxidation step in a furnace at a temperature of at least 300°C and in an oxidizing atmosphere.
- 35